

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Зими́на Анто́на Игоре́вича
«Численное моделирование размыва связного грунта»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

Диссертационная работа Зими́на Анто́на Игоре́вича посвящена построению математической модели, позволяющей описывать процессы намокания, размыва и переноса связного грунта в воде, а также образование волн на поверхности жидкости. При помощи предложенной модели решались следующие задачи: определение картины размыва связного грунта вблизи препятствий; возникновение, распространение и взаимодействие с препятствием поверхностных волн; воздействие поверхностных волн на размыв грунта вблизи препятствий; возникновение поверхностной волны вследствие движения связного грунта по наклонному дну.

Актуальность.

Прибрежные сооружения могут ежедневно подвергаться воздействию приливов, отливов, волн и внутренних течений. Если сооружение установлено на дне акватории, то одним из возможных результатов таких воздействий может стать вымывание части грунта из-под него, что может привести к экономическим и экологическим последствиям, человеческим жертвам. В данной диссертационной работе рассматривается новая математическая модель размыва и переноса связного грунта. Модели размыва связного грунта гораздо меньше представлены в литературе, чем модели несвязного грунта, вследствие более сложной физики явления. Более того, существующие модели часто ограничиваются только размывом грунта под действием внутреннего течения и не учитывают такие важные процессы как диффузия грунта и намокание его твердых слоев в воде. Лабораторное исследование поведения связного грунта в воде представляет крайне дорогостоящую и технически сложную процедуру, поэтому для этих целей автор предлагает использовать математическое моделирование и численные эксперименты. Построение модели, которая учитывает различные причины возникновения размыва связного грунта и позволяет получить картины возникающих размывов, является актуальной задачей.

Цель диссертационной работы.

Целью работы А.И. Зими́на является построение математической модели размыва и переноса связного грунта вблизи большого прибрежного сооружения под действием внутренних течений и поверхностных волн, с учетом намокания и диффузии грунта в воде, и применение полученной модели к задачам по распространению одиночной волны и взаимодействию со связным грунтом на дне.

Работа изложена на 154 страницах и содержит 176 наименований цитируемой литературы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения.

В первой главе приводится вывод модели трехкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости. В тексте представлены основные идеи модели, а также математический вывод системы дифференциальных уравнений на основании общих законов сохранения в сплошной среде. Модель представляет неоднородную по плотности и вязкости смесь трех несжимаемых жидкостей, между которыми возможна диффузия массы и которые образуют единую несжимаемую среду. Для решения предложенной модели используется численный алгоритм решения, верифицированный на ряде тестовых задач.

Во второй главе рассматривается процесс намокания и переноса связного грунта под действием внутреннего течения. Для моделирования процесса намокания предлагается численный алгоритм, для которого проводится валидация на лабораторном эксперименте по размыву образца грунта потоком воды.

В третьей главе представлены задачи по образованию и распространению поверхностных волн в акватории и их взаимодействию с грунтом на дне области. Для сравнения с моделью используются лабораторные исследования по обрушению столба жидкости, распространению одиночной волны в гидроволновом лотке «23 ГМПИ» и возникновению волны в результате движения грунта по наклонному дну.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам работы.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечивается использованием выполнения законов сохранения в качестве основы моделирования, хорошим количественным соответствием методических расчетов с данными лабораторных экспериментов.

Научная новизна выносимых на защиту результатов заключается в следующем:

1. Соискателем предложена новая математическая модель размыва и переноса связного грунта.
2. Предложен численный алгоритм намокания твердых слоев связного грунта.
3. С помощью разработанного программного комплекса получены результаты решения задач размыва связного грунта под действием внутреннего течения, распространения волн на поверхности жидкости и взаимодействия поверхностных волн и донного связного грунта.

Практическая и теоретическая значимость работы.

Предложенная математическая модель, алгоритмы и вычислительная программа могут быть использованы для прогнозирования картины размыва связного грунта вблизи сооружения.

Результаты, полученные в диссертационной работе, использовались при выполнении проекта № 1.630.2014/К государственного задания министерства науки и образования и научного проекта № 17-31-50065 при поддержке гранта РФФИ.

Кроме того, результаты моделирования задач по возникновению и распространению поверхностных волн получены совместно с ФИЦ ИВТ в рамках работы по государственным заданиям № 0316-2016-0001 проекта № 2 и № 0316-2019-0001.

Апробация результатов.

Результаты исследований по заявленной тематике докладывались на российских и международных конференциях. В библиографическом списке указана 31 ссылка на опубликованные соискателем работы. Из них 3 в журналах, индексируемых в базе данных Scopus; 1 в журнале, индексируемом в базах данных Web of Science и Scopus; 1 в журнале, индексируемом в базе данных Scopus и рекомендованном ВАК; 1 в журнале, рекомендованном ВАК; 1 свидетельство государственной регистрации программ для ЭВМ в Роспатенте; 24 в тезисах докладов и сборниках трудов конференций.

Замечания:

1. Выбранная модель движения трехкомпонентной среды напоминает модель VOF, тогда как на защиту выносится разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений. В чем отличие предложенной модели от модели VOF?
2. Обоснуйте применение ламинарной модели течения в рассматриваемой области.
3. В работе указано, что используется однокоростная модель. При определенных условиях отдельные частицы грунта оседают под воздействием силы тяжести. Каким образом это учитывается в модели?
4. Предложенный алгоритм намокания связного грунта зависит лишь от концентрации грунта вблизи твердых слоев. Было бы целесообразно

учитывать также касательное напряжение, которое поток жидкости оказывает на грунт

Приведенные выше замечания не являются критичными и несколько не принижают значимость полученных А.И. Зиминим результатов.

Заключение.

На основе анализа диссертационной работы и публикаций соискателя можно утверждать, что разработанная математическая модель размыва связного грунта и ее численная реализация являются новыми и оригинальными. Основные результаты работы, полученные в диссертации, вполне отвечают сформулированной соискателем цели и поставленным задачам. Сформулированные в диссертации положения и выводы являются обоснованными. Защищаемые положения вытекают из представленных в диссертации и опубликованных в рецензируемых изданиях результатов исследования. Результаты получены автором лично или при его определяющем участии.

Диссертационная работа Зимина А.И. представляет собой целостное исследование и является законченной научно-квалификационной работой. Предложенная в диссертации математическая модель и ее численная реализация позволяет получать картины размыва связного грунта вблизи сооружений различных конфигураций под действием разных факторов. Содержание автореферата в полной мере передает суть и основные результаты диссертационного исследования.

Диссертация А.И. Зимина «Численное моделирование размыва связного грунта» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, удовлетворяет критериям пунктов 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней. Это научно-квалификационная работа, в которой разработана математическая модель и реализованы алгоритмы для получения картины размыва связного грунта под действием внутреннего течения, поверхностных волн, диффузии и намокания грунта в воде. Зимин Антон Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

д.ф.-м.н., профессор отделения контроля
и диагностики ИШНКБ ФГАОУ ВО

“Национальный исследовательский
Томский политехнический университет”

10.06.2021 г.

дата



Перминов В. А.

подпись

Подпись Перминова Валерия Афанасьевича удостоверяю

И.о. Ученого секретаря

Томского политехнического университета



Е.А. Кулич

Шифр специальности, по которой защищена докторская диссертация Валерия Афанасьевича Перминова, – 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Эл. почта: perminov@tpu.ru